

## Разработка математической модели перспективного дизельного окислительного нейтрализатора

Химич В.Л., Хрипач Н.А., Лежнев Л.Ю., Папкин Б.А., Шустров Ф.А.,  
Иванов Д.А., Сонкин В.И., Папкин И.А.

*Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.  
Алексеева, Московский государственный машиностроительный  
университет (МАМИ)*

### ВВЕДЕНИЕ

Для выполнения дизельным двигателем перспективных экологических норм Евро-5, вводимых в России с 2014 г., а в дальнейшем Евро-6 необходимо иметь 4-компонентную систему нейтрализации отработавших газов (ОГ) для контроля выбросов CO, CH, NOx и дисперсных частиц (ДЧ). Такая система включает дизельный окислительный нейтрализатор (ОН), сажевый фильтр и селективно-восстановительный нейтрализатор. ОН является важным компонентом такой системы. Помимо окисления CO, CH, ДЧ он участвует в пассивной регенерации сажевого фильтра, предотвращая рост противодавления на выпуске, который ведет к потере мощности и топливной экономичности дизеля. Компьютерное моделирование физических и химических процессов, происходящих в ОН помогает с минимальными затратами найти наиболее рациональные конструктивные решения, ускорить процесс разработки.

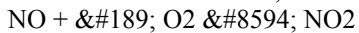
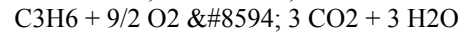
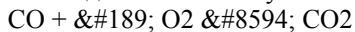
Целью работы является разработка и проверка достоверности математической модели (ММ) перспективного дизельного ОН.

### ОБЪЕКТ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

ММ дизельного ОН базируется на физической и химической теориях, которые описывают химическую кинетику и характеристики переноса тепла и массы в одномерной квазистационарной постановке. ММ учитывает: конвективный перенос тепла и массы от ОГ к поверхности катализатора; гетерогенные химические реакции на поверхности катализатора; тепловые потери в окружающую среду и теплопроводность вдоль ОН. Влияние гомогенных реакций в газовой фазе мало и не учитывается. Отработавшие газы состоят из O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub>, CO, NO, NO<sub>2</sub> и CH.

Основные уравнения ММ рассматривают сохранение массы, энергии и химических веществ в одном канале ОН. Неравномерность распределения потока на входе не учитывается, а при описании переноса массы и энергии между газом и твердой поверхностью используются эмпирические коэффициенты.

В ММ дизельного ОН учитываются три основные каталитические реакции:



Граничными условиями для дифференциальных уравнений ММ являются концентрации компонентов ОГ и температура ОГ на входе в дизельный ОН.

Начальные условия для температуры на стенке катализатора выбраны равными температуре окружающей среды.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для проверки достоверности ММ дизельного ОН результаты его моделирования сравнивались с соответствующими экспериментальными данными, приведенными в работе [1]. Эксперименты были выполнены при стендовых испытаниях 6-цилиндрового рядного дизеля рабочим объемом 8,1 л с турбонаддувом и промежуточным охлаждением воздуха, мощностью 175 кВт при 2200 мин<sup>-1</sup>, оборудованном ОН. В ходе испытаний измерялись концентрации CO, CH, NO и NO<sub>2</sub> в ОГ на различных установившихся скоростных, нагрузочных и тепловых режимах.

В качестве объекта моделирования использовался цилиндрический кордиеритовый нейтрализатор диаметром 267 мм, длиной 152 мм с плотностью ячеек 300 на дюйм<sup>2</sup>, объемом 8,1 л. При расчетах принималось, что теплопроводность кордиерита равна 1,255 Вт/м·К, объемная плотность - 0,44 г/см<sup>3</sup>, удельная теплоемкость - 836,8 Дж/кг·К. В процессе моделирования определялась зависимость концентрации CO и CH на выходе из нейтрализатора, а также коэффициента конверсии NO в NO<sub>2</sub> от температуры.

Сравнение результатов математического моделирования ОН с данными испытаний подтверждают достоверность ММ физико-химических процессов, происходящих в этом катализаторе. На режиме 1400 мин<sup>-1</sup> в диапазоне температур 230-490°C расхождение результатов моделирования и испытаний не превышает 2-3%. Однако при снижении температуры до 130-170°C моделирование дает завышенные на 5-10% значения концентраций CO и CH, и на 7,5% - концентраций NO, что отражает влияние упрощений принятых в расчетной ММ.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты сравнительного исследования экологических характеристик дизельного ОН подтверждают удовлетворительную достоверность разработанной ММ.

Работа по математическому моделированию перспективного дизельного ОН проводится при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Triana A. P., Johnson J. H., Yang S. L., Baumgard K. J. «An Experimental and Numerical Study of the Performance Characteristics of the Diesel Oxidation Catalyst in a Continuously Regenerating Particulate Filter», SAE Paper, № 2003-01-3176, 2003.